

Pengukuran Resistivitas Pada *Printed CircuitBoard* dengan Menggunakan Metode *Four Point Probe*.

Khalifa Ade Andreanto*, dan Zainul Arifin Imam Supardi

Mahasiswa Prodi S-1 Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

*Corresponding author, email: khalifaandreanto@mhs.unesa.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini pengukuran resistivitas pada *printed circuit board* dengan bahan *phenolik* menggunakan metode *four point probe* untuk menentukan nilai hambatan jenisnya. *Printed Circuit Board* (PCB) adalah suatu papan yang dibuat sebagai penghubung dari suatu komponen – komponen elektronika seperti resistor, dioda, dan sebagainya. Pengukuran resistivitas dengan menggunakan metode *Four Point Probe* ini lebih banyak digunakan karena metode ini dapat mengukur material konduktor dan material semikonduktor. Pada hasil penelitian ini, pengukuran hambatan jenis PCB dengan luas lapisan tembaga sebesar 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² dengan jenis PCB yang sejenis dengan 2 merek yang berbeda. Penelitian ini menggunakan 2 merek PCB *phenolik* yaitu merek KB dan EC. Pada penelitian ini, diperoleh nilai rata – rata resistivitas PCB *phenolik* merek KB pada luas 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² berturut-turut 0,65666 x 10⁻³ Ωcm, 0,516042 x 10⁻³ Ωcm, 0,350469 x 10⁻³ Ωcm dan 0,194775 x 10⁻³ Ωcm, sedangkan untuk merek EC dengan luas 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² berturut-turut 0,611183 x 10⁻³ Ωcm, 0,49131 x 10⁻³ Ωcm, 0,32225 x 10⁻³ Ωcm dan 0,195328 x 10⁻³ Ωcm. Berdasarkan nilai rata-rata hambatan jenis yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin luas PCB maka nilai hambatan jenis semakin kecil dan pada merek PCB yang berbeda dengan bahan yang sama tidak memiliki perbedaan nilai hambatan jenis yang besar.

Kata kunci: *Printed CircuitBoard*, *Four Point Probe*, resistivitas

ABSTRACT

In this research, resistivity measurement on printed circuit board using four point probe method. Printed Circuit Board (PCB) is a board made as a connector of an electronic components such as resistor, diode, and etc. Resistivity measurement using Four Point Probe method is more widely used because this method can measure the material of conductor and semiconductor. In the results of this study, measurement of PCB type resistance with copper layer area of 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² with similar PCB type with 2 different brands. This research uses 2 brand phenolic PCB that is KB and EC. In this study, the average resistivity value of PCB phenolic KB on the area of 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² respectively 0,65666 x 10⁻³ Ωcm, 0,516042 x 10⁻³ Ωcm, 0,350469 x 10⁻³ Ωcm dan 0,194775 x 10⁻³ Ωcm, while for EC brands with an area of 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² respectively 0,611183 x 10⁻³ Ωcm, 0,49131 x 10⁻³ Ωcm, 0,32225 x 10⁻³ Ωcm and 0,195328 x 10⁻³ Ωcm.

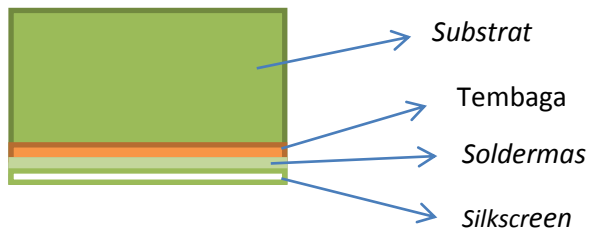
Keywords: Printed Circuit Board, Four Point Probe, resistivity

PENDAHULUAN

A. Pengenalan PCB

Printed Circuit Board (PCB) adalah suatu papan yang dibuat sebagai penghubung dari suatu komponen – komponen elektronika seperti resistor, dioda, dan sebagainya. Berdasarkan fungsinya tersebut PCB bersifat semikonduktor sehingga aliran listrik yang dialirkan dari sumber listrik dapat tersalurkan ke komponen-komponen elektronika. PCB terbuat dari bahan isolator dan konduktor.

Lapisan konduktor pada PCB yaitu tembaga, dan lapisan isolator pada PCB yaitu bahan *fiberglass* dan *phenolik* (Ariana dkk, 2016). Secara struktur, PCB terdiri dari beberapa lapisan dan dilaminasi menjadi satu kesatuan yang disebut dengan PCB. PCB dengan satu lapisan tembaga disebut dengan *single layer* sedangkan dengan dua lapisan tembaga disebut *double layer* dan dengan beberapa lapisan tembaga disebut dengan *multilayer*.

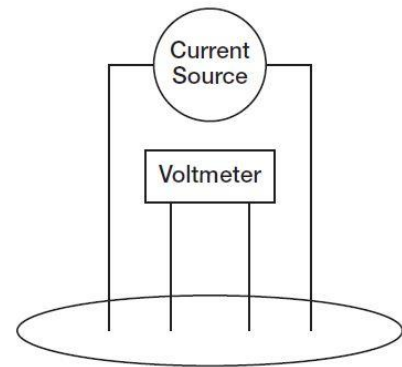


Gambar 1. Susunan Printed Circuit Board (PCB) (Sumber: Yuliadi, 2014)

Lapisan substrat atau lapisan dasar pada PCB terbuat dari bahan *phenolik* atau *fiberglass*. Lapisan PCB berikutnya adalah lapisan tembaga tipis yang dilaminasi ke lapisan substrat dengan suhu tinggi. *Soldermask* adalah lapisan di atas lapisan tembaga yang berfungsi melindungi tembaga atau jalur konduktor dari hubungan atau kontak yang tidak disengaja. Lapisan setelah *soldermask* adalah lapisan *silkscreen* yang berfungsi sebagai indikator dari komponen – komponen elektronika pada PCB.

B. Metode four point probe

Metode *four point probe* atau empat titik probe salah satu metode yang digunakan untuk menghitung nilai resistivitas dari suatu bahan konduktor maupun semikonduktor. Resistivitas adalah kemampuan dari suatu bahan konduktor atau semikonduktor untuk menghantarkan arus listrik yang bergantung pada kuat arus (I), dan, kerapatan, arus. Sebagian resistivitas bisa dipengaruhi oleh kapasitansi, resistansi seri, dan tegangan ambang. Metode empat titik probe dapat mengurangi kesalahan pada pengukuran yang disebabkan resistansi pada probe. Hal ini diakibatkan oleh voltmeter impedansi tinggi menarik arus kecil, voltase turun melintasi resistansi probe, menyebarkan resistansi, dan resistansi kontak sangat kecil. Teknik ini melibatkan empat probe yang sama dalam kontak dengan bahan yang tidak diketahui resistansi, dimana 2 probe diujung sebagai sumber arus masuk dan 2 probe di dalam sebagai nilai tegangan keluar, seperti gambar 2.



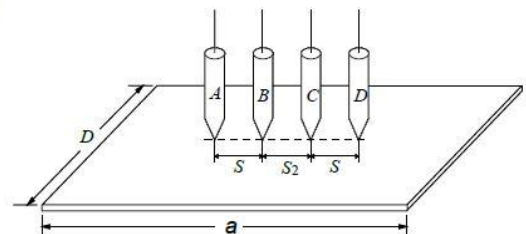
Gambar 2. Metode Four Point Probe (Sumber: Van Der Pauw, 1958)

Metode van der Pauw melibatkan penerapan voltase arus dan pengukuran menggunakan empat kontak kecil pada keliling sampel dengan ketebalan seragam yang rata. Metode ini sangat berguna untuk mengukur sampel yang sangat kecil karena jarak kontak geometris diabaikan. Efek karena ukuran sampel, yang merupakan perkiraan jarak pengamatan, tidak relevan (Van Der Pauw, 1958). Dari gambar 2 pada sampel berbentuk lingkaran, penentuan nilai resistivitas dengan cara metode *four point probe*, metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan. Nilai resistivitas listrik material diuji pada gambar 2 dapat dihitung menggunakan persamaan (1) (Kurniawan A, 2014):

$$\rho = 2\pi s \frac{V}{I} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- ρ = resistivity (Ωm),
- s = jarak antar probe,
- V = beda potensial listrik (volt)
- I = kuat arus (A).



Gambar 3. Metode Four Point Probe dengan sampel persegi. (Sumber : Smith F. M, 1957)

Sebelumnya telah diteliti bahwa pengukuran resistivitas suatu material dengan

metode *four-point probe*, tidak dapat dilepaskan dari geometri faktor sampel yang diukur. Untuk pengujian dengan menggunakan sampel persegi atau persegi panjang seperti gambar 3 mempunyai persamaan (2) (Smith F. M, 1957) :

$$\rho = \frac{V}{I} C' \left(\frac{d}{s} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- ρ = resistivity (Ωm),
- s = jarak antar probe,
- V = beda potensial listrik (volt)
- I = kuat arus (A).
- d = lebar permukaan sampel
- C' = nilai koreksi faktor pada sampel persegi
- a = panjang permukaan sampel

Untuk menentukan nilai C' atau koreksi faktor pada sampel persegi, dapat melihat tabel 1.

Tabel 1. Faktor koreksi untuk persegi atau persegi panjang.

d/s	a/d = 1	a/d = 2	a/d = 3	a/d ≥ 4
1,0	-	-	0,9988	0,9994
1,25	-	-	0,9973	0,9974
1,5	-	0,9859	0,9929	0,9929
1,75	-	0,9826	0,9850	0,9850
2,0	-	0,9727	0,9737	0,9737
2,5	0,8192	0,9413	0,9416	0,9416
3,0	0,8192	0,9000	0,9002	0,9002
4,0	0,7784	0,8061	0,8062	0,8062

(Sumber : Smith F. M, 1957)

Untuk mencari nilai konduktivitas yang berbanding terbalik dengan nilai resistivitas, maka memiliki persamaan (3) (Fergus J. W, 2012).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- σ = konduktivitas listrik dengan satuan Siemen/m,
- ρ = resistivity dari material semikonduktor dengan satuan Ωm .

Semakin besar nilai resistivitas suatu material maka semakin kecil nilai konduktivitas listriknya.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian *true eksperimen* dimana variabel kontrol yaitu nilai kuat arus sekitar 1,39 A – 1,41 A, kemudian variabel manipulasi yaitu luas tembaga PCB Phenolik dari merek KB dan EC dan variabel respon nilai tegangan yang terukur pada voltmeter. Penelitian ini menggunakan metode *four point probe* dimana dua probe terluar sebagai sumber arus sedangkan probe di dalam sebagai pengukur tegangan keluar dimana jarak antar probe sebesar 0,6 cm. Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai resistivitas yang dipengaruhi oleh kuat arus, tegangan yang terukur pada voltmeter serta nilai koreksi faktor.

Pembuatan luas lapisan tembaga pada PCB tersebut dengan melarutkan lapisan tembaga yang tidak terpakai dengan menggunakan larutan $FeCl_3$. Setelah melakukan pelarutan luas lapisan tembaga yang diinginkan, selanjutnya melakukan pengeboran untuk letak kaki probe tersebut. Agar kaki probe melekat pada lapisan tembaga PCB, maka hal yang dilakukan yaitu menyoldernya. Setelah selesai, selanjutnya merangkai seperti gambar 3.

Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Hasil data pengukuran yang dihasilkan berupa hambatan jenis dari luas lapisan tembaga PCB yang berbeda pada merek PCB KB dan EC.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berfokus pada nilai tegangan yang terukur pada voltmeter dengan nilai arus yang terkontrol. Selanjutnya mencari nilai resistivitas dengan menggunakan persamaan (2).

Maka nilai resistivitas pada luas PCB yang berbeda dengan merek KB dan EC sebagai berikut :

Tabel 2. Data pengukuran resistivitas PCB merek KB.

Luas	a	d	s	Data ke	I (A)	Tegangan terhitung (Volt)	Resistivitas (Ωcm)
0,5 cm x 2 cm	2	0,5	0,6	1	1,39	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,647094 \times 10^{-3}$
				2	1,4	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,642471 \times 10^{-3}$
				3	1,4	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,642471 \times 10^{-3}$
				4	1,41	1×10^{-3}	$0,708794 \times 10^{-3}$

Luas	a	d	s	Data ke	I (A)	Tegangan terhitung (Volt)	Resistivitas (Ωcm)
1 cm x 2 cm	2	1	0,6	5	1,4	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,642471 \times 10^{-3}$
				1	1,39	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,471271 \times 10^{-3}$
				2	1,39	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,471271 \times 10^{-3}$
				3	1,4	$0,5 \times 10^{-3}$	$0,584881 \times 10^{-3}$
				4	1,4	$0,5 \times 10^{-3}$	$0,584881 \times 10^{-3}$
1,5 cm x 2 cm	2	1,5	0,6	5	1,4	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,467905 \times 10^{-3}$
				1	1,39	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,294676 \times 10^{-3}$
				2	1,41	$0,3 \times 10^{-3}$	$0,435745 \times 10^{-3}$
				3	1,41	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,290496 \times 10^{-3}$
				4	1,4	$0,3 \times 10^{-3}$	$0,438857 \times 10^{-3}$
2 cm x 2 cm	2	2	0,6	5	1,4	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,292571 \times 10^{-3}$
				1	1,39	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,196451 \times 10^{-3}$
				2	1,41	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,193664 \times 10^{-3}$
				3	1,4	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,195048 \times 10^{-3}$
				4	1,41	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,193664 \times 10^{-3}$
				5	1,4	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,195048 \times 10^{-3}$

Tabel 3. Data pengukuran resistivitas PCB merek EC.

Luas	a	D	s	Data ke	I (A)	Tegangan terhitung (Volt)	Resistivitas (Ωcm)
0,5 cm x 2 cm	2	0,5	0,6	1	1,39	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,637915 \times 10^{-3}$
				2	1,4	$0,8 \times 10^{-3}$	$0,571086 \times 10^{-3}$
				3	1,4	$0,8 \times 10^{-3}$	$0,571086 \times 10^{-3}$
				4	1,41	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,637915 \times 10^{-3}$
				5	1,4	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,637915 \times 10^{-3}$
1 cm x 2 cm	2	1	0,6	1	1,39	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,471271 \times 10^{-3}$
				2	1,39	$0,5 \times 10^{-3}$	$0,584881 \times 10^{-3}$
				3	1,4	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,467905 \times 10^{-3}$
				4	1,4	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,464586 \times 10^{-3}$
				5	1,4	$0,4 \times 10^{-3}$	$0,467905 \times 10^{-3}$
1,5 cm x 2 cm	2	1,5	0,6	1	1,39	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,292571 \times 10^{-3}$
				2	1,41	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,292571 \times 10^{-3}$
				3	1,41	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,294676 \times 10^{-3}$
				4	1,4	$0,3 \times 10^{-3}$	$0,438857 \times 10^{-3}$
				5	1,4	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,292571 \times 10^{-3}$
2 cm x 2 cm	2	2	0,6	1	1,39	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,195048 \times 10^{-3}$
				2	1,41	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,195048 \times 10^{-3}$
				3	1,4	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,196451 \times 10^{-3}$
				4	1,41	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,195048 \times 10^{-3}$
				5	1,4	$0,1 \times 10^{-3}$	$0,195048 \times 10^{-3}$

Pada tabel 2 dengan merek KB didapat nilai tegangan yang terukur menggunakan voltmeter, dengan perbedaan luas lapisan tembaga PCB. Pada setiap luas tembaga PCB, dilakukan lima kali pengulangan dan hasil tegangan terukur oleh voltmeter memiliki nilai yang sama setiap luas. Semakin luas lapisan tembaga PCB maka semakin kecil tegangan yang terhitung oleh voltmeter, hal ini dikarenakan semakin luas tembaga pada PCB maka semakin besar nilai resistansinya. Pada luas 0,5 cm x 2 cm memiliki tegangan terhitung sekitar $0,9 \times 10^{-3}$ volt hingga 1×10^{-3} volt, untuk luas 1 cm x 2 cm memiliki tegangan terhitung sekitar $0,4 \times 10^{-3}$ volt hingga $0,5 \times 10^{-3}$ volt, untuk luas 1,5 cm x 2 cm memiliki tegangan terhitung sekitar $0,2 \times 10^{-3}$ volt hingga $0,3 \times 10^{-3}$ volt, dan untuk luas 2 cm x 2 cm tegangan terhitung sekitar $0,1 \times 10^{-3}$ volt.

Pada tabel 3 hasil pengukuran PCB menggunakan voltmeter dengan merek EC juga mengalami penurunan nilai tegangan terukur. Pada luas 0,5 cm x 2 cm memiliki tegangan terukur sekitar $0,8 \times 10^{-3}$ volt hingga $0,9 \times 10^{-3}$ volt, untuk luas 1 cm x 2 cm memiliki tegangan terukur sekitar $0,4 \times 10^{-3}$ volt hingga $0,5 \times 10^{-3}$ volt, sedangkan luas 1,5 cm x 2 cm memiliki tegangan terukur sekitar $0,2 \times 10^{-3}$ volt hingga $0,3 \times 10^{-3}$ volt, dan untuk luas 2 cm x 2 cm memiliki tegangan terukur sekitar $0,1 \times 10^{-3}$ volt. Pada pengukuran nilai resistivitas PCB KB dan EC yang diperoleh menggunakan nilai kuat arus yang dikontrol sekitar 1,39 A hingga 1,41 A (Indarto dkk, 2016), sehingga mengetahui perbedaan nilai tegangan yang terhitung pada setiap luas tembaga di PCB yang berbeda dengan menggunakan voltmeter.

Tabel 4. Rata – rata nilai resistivitas dari suatu luas tembaga PCB pada PCB *phenolik* merek KB dan EC

Luas tembaga PCB	Rata – rata resistivitas KB (Ωcm)	Rata – rata resistivitas EC (Ωcm)
0,5 cm x 2 cm	$0,65666 \times 10^{-3}$	$0,611183 \times 10^{-3}$
1 cm x 2 cm	$0,516042 \times 10^{-3}$	$0,49131 \times 10^{-3}$
1,5 cm x 2 cm	$0,350469 \times 10^{-3}$	$0,32225 \times 10^{-3}$
2 cm x 2 cm	$0,194775 \times 10^{-3}$	$0,195328 \times 10^{-3}$

Penutup

Simpulan

Pada hasil penelitian ini, pengukuran hambatan jenis PCB dengan luas lapisan tembaga sebesar 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² dengan jenis PCB yang sejenis dengan 2 merek yang berbeda. Penelitian ini menggunakan 2 merek PCB *phenolik* yaitu merek KB dan EC. Pada penelitian ini, diperoleh nilai rata – rata resistivitas PCB *phenolik* merek KB pada luas 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² berturut-turut $0,65666 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, $0,516042 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, $0,350469 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ dan $0,194775 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, Sedangkan untuk merek EC dengan luas 1 cm², 2 cm², 3 cm², 4 cm² berturut-turut $0,611183 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, $0,49131 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, $0,32225 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ dan $0,195328 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$. Pada hasil hambatan jenis dari kedua merek PCB *phenolik* memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Pada hasil hasil pengukuran nilai hambatan jenis menunjukkan bahwa semakin luas permukaan tembaga PCB maka sifat dari PCB akan semakin konduktif dan nilai resistivitasnya semakin kecil.

Saran

Pada pengukuran nilai hambatan jenis di PCB perlu dilakukan beberapa hal untuk meningkatkan keakuratan dalam pengukurannya diantaranya lain pengukuran nilai hambatan jenis pada timah, pengukuran hambatan jenis pada bahan PCB yang berbeda dan penggunaan alat Voltmeter dalam skala mV.

Daftar Pustaka

- A, Kurniawan.2014. Pengembangan Semikonduktor Tipe-P Untuk Modul Termoelektrik Berbasis Material ZnO. *Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta*
- Ariana, I Made dan Dirgayusari, Ayu Manik.2016. Rancang Bangun Alat Pelarut PCB (Printed Circuit Board) Berbasis Mikrokontroler ATmega 328. *Jurnal Electrical Engineering*. Vol 1 No 2.
- Van Der Pauw, L. J. 1958. A Method of Measuring Specific Resistivity and Hall Effects of Discs of Arbitrary Shape. *Phips Rec. Repts*.131
- F, M, Smith. 1957. Measurement of Sheet Resistivities With the Four-Point Probe.

The Bell Technical Journal.Vol. 3.no.
711

Konstan.Jurnal Fisika dan Aplikasinya.
Vol. 12 No. 2

J, W, Fergus. 2012. Oxide Materials for High Temperature Thermoelectric Energy Conversion. *Journal of the Europe Ceramic Society*.vol. 32.hal. 525-540

Yuliadi, Rachmat. 2014. Desain Papan Sirkuit Cetak (*Printed Circuit Board, PCB*)

Indarto, Bachtera. Sudenasahq, Gusti Rana Fahlevi. Racmad, Didiek Basuki. Basri, Muhammad Hasan. dan Sunarno, Hasto. 2016. Rancangan Bangun Sistem Pengukuran Resistivitas Geolistrik dengan menggunakan Sumber Arus

